

細粒分混じり地盤に対する新たな CPG 工法の現場実証実験 — 隆起抑制効果 —

復建調査設計(株)

(国研)港湾空港技術研究所

三信建設工業(株)

みらい建設工業(株)

正会員 ○岩城 徹也

正会員 佐々 真志

正会員 竹之内寛至

蛭川 愛志

1. はじめに

CPG 工法は、密度増大工法の一つであり、主に港湾・空港等の臨海部の液状化対策として適用されている工法である¹⁾。著者らは、既往の実験²⁾を通じて、地盤に圧入したモルタルに対して注入管の進退動を繰返すことにより、従来の CPG 工法よりも格段に高い隆起抑制効果と液状化対策効果が得られる新たな CPG 工法(U/D (アップダウン) 施工)を開発した。2016 年度の実大実験²⁾では、砂質地盤に対して中型施工機(以下、GI 機)を使用して実現場で U/D 施工を実施し、その施工実現性及び高い隆起抑制効果を有することを実証した。

本稿では、GI 機を用いた現場実証実験において、細粒分混じり地盤に対する隆起抑制効果について検証するものである。2022 年度の GI 機を使用した実大実験の N 値の上昇については文献³⁾、U/D 施工用に新たに開発した小型施工機の適用性については文献⁴⁾を、それぞれ参照されたい。

2. 現場実験概要

表-1 に今回用いた GI 機の仕様を示す。2016 年度の実大実験²⁾と同じ注入管の貫入・引上げ能力の高い施工機を使用した。

隆起量は、鋼製の鉛直変位計測板を注入管から 500 mm 離れた位置に扇型状に 3 カ所設置し、各ステップの注入完了時及び U/D の 1 セット毎にレベル及びスタッフを用いて計測した。孔ごとの隆起量は 3 カ所の平均とした。図-1 に GI 機及び隆起を計測するために設置した鉛直変位計測版の設置状況を示す。

図-2 に施工平面図を示す。当施工範囲内において、通常の CPG ボトムアップ (BU) 施工及び U/D 施工を、それぞれ改良率 8%、固結体配置間隔 1.5 m の正三角形配置で 12 本ずつ施工した。

図-2 中の孔番横の数字は、注入施工をした順番を表す。また、注入施工後に事後調査を行い、BU 施工の中央位置にて採取した試料の土質試験を代表して実施した。

図-3 に BU (BU-12) 及び U/D (UD-12) の施工法例を示す。改良範囲は、GL-3.0～-5.0m であり、改良下端まで削孔した後に、計 6 球の改良体 (D=33.3cm) を注入した。BU については、順次ステップアップ注入をした。U/D 施工については先ず、圧入 3 ステップ分 (1m) 完了後に、その 3 ステップ分のモルタルに対し、注入管を往復 5 回進退動させた。総繰返し回数は 20 回、引上げ速度は 4m/min、貫入速度は 2m/min、繰返し長は 1m とした。以降の注入は、図-3 に示すように圧入と注入管進退動を繰返しながらか改良天端まで施工した。1 孔当たりの一連の施工時間としては、それぞれ BU は約 40 分、U/D は約 65 分掛かった。

表-1 GI 機の仕様

使用機械	—	GI-130C-HT-KF
本体寸法(L×W×H)	mm	8,830×2,490×3,050
本体重量	kg	23,700
注入管径	mm	外径φ165, 内径φ50
注入管引抜力	kN	132.5
注入管貫入力	kN	132.5
注入管最大引上げストローク長	m	5.5
注入管最大引上げ速度	m/min	4.5

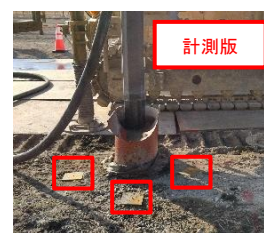


図-1 GI 機及び鉛直変位計測版設置状況

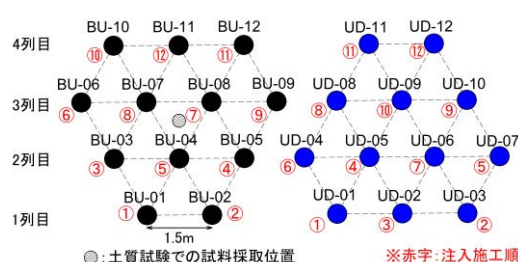


図-2 施工平面図

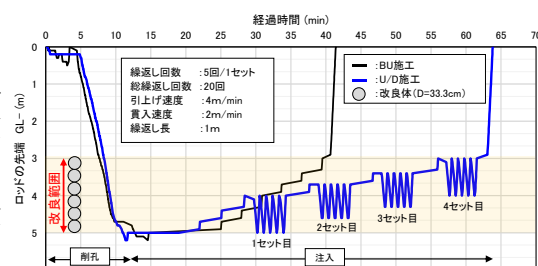


図-3 GI 機の BU 及び U/D の施工法例

キーワード：静的締固め、現場実証実験、隆起抑制、細粒分混じり地盤

連絡先：〒101-0032 東京都千代田区岩本町 3-8-15 復建調査設計(株) 東京支社 TEL 050-9002-1758 FAX 03-5835-2632

3. 結果及び考察

図-4 に F_c と I_p の深度分布図を示す。改良範囲対象層は、細砂 ($F_c=23\%$) 及び砂混じりシルト層 ($F_c=55.9\%$, $I_p=11.4$) であり、粒径が揃った砂地盤ではなく、細粒分混じり地盤であることがわかる。

図-5 に注入ステップごとの累積隆起量の例を示す。例として、図-2 記載の 1 列目と 4 列目の最終注入孔での隆起量を示す。両結果ともに U/D 施工によって、発生した隆起量が大きく低減していることが確認できる。ここで、周辺の注入が実施されていない 1 列目で 96%、周辺の注入が実施されていた 4 列目で 56%、隆起量が低減された。ここで隆起低減率は、(式-1) で定義される。

$$U_r = (V_{BU} - V_{UD}) / V_{BU} \times 100 \quad \cdots (式-1)$$

U_r : 隆起低減率 (%)

V_{BU} : BU 施工で発生した隆起量 (mm)

V_{UD} : U/D 施工で発生した隆起量 (mm)

図-6 に孔番ごとの累計隆起量を示す。図-2 記載の注入施工順に示していることに留意されたい。最終注入付近の隆起量は両施工で 12 点中最大値となった。要因として、既に実施している改良体の影響であるものと考えられる。12 地点の平均隆起量は、従来の BU で 7.5mm, U/D 施工で 2.4mm となり、隆起量が 68%低減された。

図-7 に図-6 の結果を図示した分布図を示す。平均値のみではなく、各々の地点にて隆起が全体的に抑制されている傾向が確認できる。

4. まとめ

本稿では、中型施工機 (GI 機) による U/D 施工の隆起抑制効果について検証した。U/D 施工は、従来の BU 施工と比較して平均で約 7 割の隆起を低減する結果となり、細粒分混じり地盤の現場実大実験においても、高い隆起抑制効果が実証された。

<参考文献>

- 1) 沿岸技術研究センター：液状化対策としての静的圧入締固め工法技術マニュアル - コンパクショングラウチング工法 -, 2013.
- 2) 竹之内他：隆起抑制型 CPG 工法の開発と現場実証実験による検証, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.73, No.2, pp.I_282-I_287, 2017.
- 3) 金子他：細粒分混じり地盤に対する新たな CPG 工法の現場実証実験 - N 値の上昇 -, 第 78 回年次学術講演会, 2023 (投稿中).
- 4) 竹之内他：細粒分混じり地盤に対する新たな CPG 工法の現場実証実験 - 小型施工機の適用性検証 -, 第 78 回年次学術講演会, 2023 (投稿中).

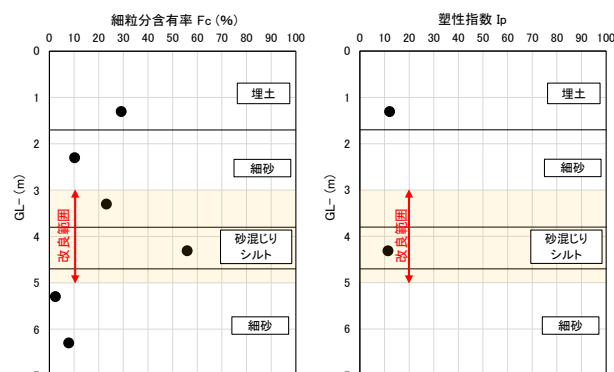


図-4 F_c と I_p の深度分布図

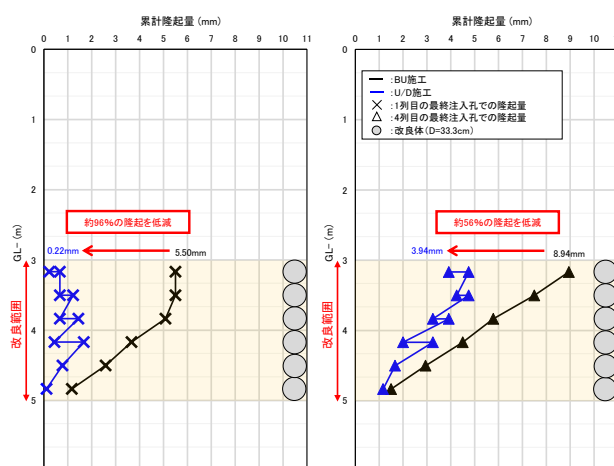


図-5 注入ステップごとの累積隆起量の例

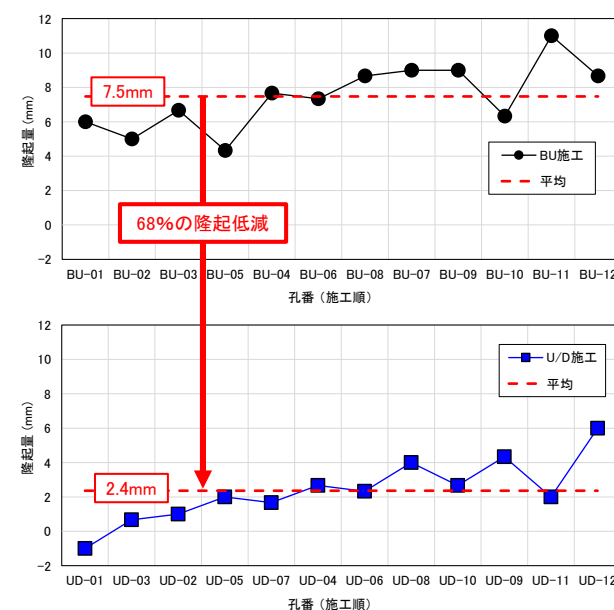


図-6 孔番ごとの累計隆起量

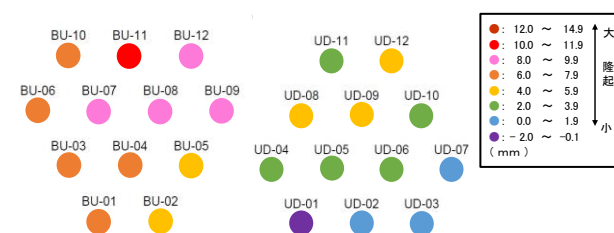


図-7 孔番ごとの累計隆起量の分布